

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK


PREDDIPLOMSKI STUDIJ
DRVNA TEHNOLOGIJA

MIJO MIHIĆ

KARAKTERISTIKE VLAKANACA JUVENILNOG DRVA KLONA
'L-12'
ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, RUJAN 2018.

AUTOR:	Mijo Mihić 2. rujna 1994., Vinkovci 0068222545
NASLOV:	Karakteristike vlakanaca juvenilnog drva klona 'L-12'
PREDMET:	Anatomija drva
MENTOR:	prof. dr. sc. Jelena Trajković
IZRADU RADA JE POMOGAO:	dr. sc. Iva Ištók
RAD JE IZRAĐEN:	Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet Zavod za znanost o drvu
AKAD. GOD.	2017./2018.
DATUM OBRANE:	21.09.2018.
RAD SADRŽI:	Stranica: III + 16 Slika: 2 Tablica: 3 Navoda literature: 17
SAŽETAK: <p>U radu je određen Runkelov omjer juvenilnog drva pet stabala klona 'L-12' s lokaliteta na području Osijeka. Dobivene vrijednosti su uspoređene s vrijednostima Runkelovog omjera različitih vrsta topola i drugih vrsta drva iz literature te je procijenjena kvaliteta drva klona 'L-12' obzirom na zahtjeve industrije papira i pulpe. Utvrđene su male razlike u Runkelovom omjeru između pet stabala klona 'L-12'. Aritmetička sredina Runkelovog omjera juvenilnog drva klona 'L-12' manja je od aritmetičkih sredina Runkelovog omjera iz literature. Rezultati upućuju na pogodnost vlakanaca juvenilnog drva klona 'L-12' za primjenu u industriji pulpe i papira.</p>	

	IZJAVA O IZVORNOSTI RADA	OB ŠF 05 07
		Revizija: 1
		Datum: 28.6.2017.

„Izjavljujem da je moj *završni rad* izvorni rezultat mogega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

Mijo Mihić

U Zagrebu, 17.09.2018.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Strukturne karakteristike drva topola.....	2
1.2. Uporaba drva topola	3
2. CILJ RADA.....	4
3. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA	6
4. MATERIJAL I METODE.....	8
4.1. Materijal istraživanja	8
4.2 Izračun Runkelovog omjera	8
5. REZULTATI I RASPRAVA.....	10
6. ZAKLJUČCI	13
7. LITERATURA.....	14

1. UVOD

Topole (rod *Populus*) listopadna su vrsta drveća iz porodice Salicaceae. Narastu do 35 metara visine tvoreći zaobljenu krošnju i deblo promjera do 2 metra ili više. Svoju punu visinu mogu doseći u razdoblju od 30 do 40 godina. Kora topola je u početku glatka, bijelo-sive do zelenkaste boje dok kasnije postaje grublja i ispucana te mijenja boju u tamnosivu. Rasprostranjena je u Europi, sjevernoj Africi i Aziji. Najčešće raste na vlažnim i bogatim terenima, odnosno uz obale rijeka, na rubovima šuma ili na tlu koje se nalazi na području djelovanja podzemnih voda. Upravo iz tih razloga, u Hrvatskoj se većinom nalaze uz tokove rijeka Drave, Save i Dunava. Razmnožava se vegetativnim putem te sjemenkama koje se u nanosima vjetra rasprostranjuju na velike udaljenosti. Upravo zbog vrlo brzog rasta i visoke produktivnosti, topole su pogodne za plantažni uzgoj. Plantažnu proizvodnju drveta možemo opisati kao sposobnost zemljišta za brzu industrijsku proizvodnju. Iz tog razloga proizvode se klonovi koji imaju potencijal za ubrzani rast, proizvodnju kvalitetne sirovine i otpornost na bolesti.

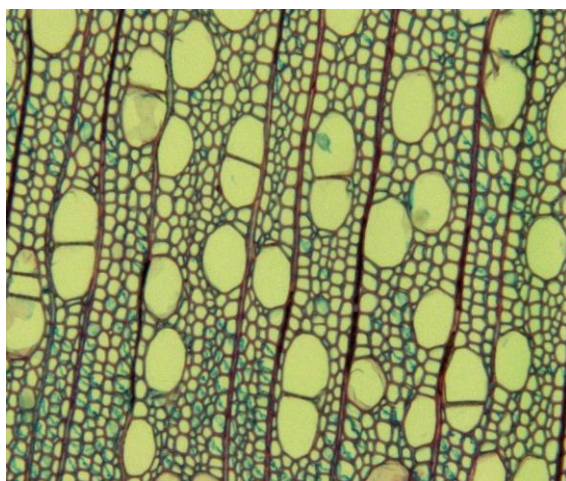
Zbog relativno brzog postizanja velike količine drvne mase, u zadnjih 10 godina dolazi do povećane plantažne proizvodnje genetski modificiranih klonova drva topole. Stabla koja se uzgajaju u kratkim vremenskim ophodnjama proizvode drvo s velikim udjelom juvenilnog drva. Juvenilno drvo obuhvaća prvih 10 do 20 godina od srčike (Struna, 2018). Razlike između juvenilnog i zrelog drva mogu biti manje ili više izražene. Uglavnom se juvenilno drvo razlikuje od zrelog po širini godina, manjoj gustoći, kraćim elementima građe drva, tanjim stijenkama stanica, manjoj čvrstoći i slično.

Istraživanja koja se odnose na drvo i njegovu kvalitetu, uz promjene unutar stabla, uključuju i analizu razlika i varijabilnosti između više stabala. Ištók (2016) je dala pregled istraživanja anatomskih svojstava drva topole. Ta se istraživanja u najvećoj mjeri odnose na istraživanja dimenzija drvnih vlaknaca koja zauzimaju i najveći volumni udio u strukturi drva. Sva ostala anatomska svojstva drva zastupljena su u puno manjoj mjeri. Sukladno širokoj uporabi drva

topole u proizvodnji papira i pulpe, podaci o dimenzijama drvnih vlakanca nužni su za procjenu njegove kvalitete. Prema tome, dostupna literatura ukazuje na različita istraživanja anatomskih svojstava drva klonova topole. Međutim, mali je broj istraživanja parametara kvalitete u skladu sa specifičnim zahtjevima uprave za tu namjenu.

1.1. Strukturne karakteristike drva topola

Topolovina je rastresito porozno drvo (Slika 1.), uočljivih ili slabo uočljivih godova, obično ravne žice te fine i jednolične teksture. Razlike u makroskopskim svojstvima između vrsta topola vidljive su uglavnom u boji drva. Izgrađena je od članaka traheja (22-44%), drvnih vlakanca (libriiformska vlakanca) (56-63%) i drvnih trakova (10-14%) (Trajković i Despot, 1999). Dužina vlakanca kreće se od 0,3-2,1 mm, debljina njihovih stijenki od 2,2-4,7 μm , a promjer lumena od 11,5-23,5 μm . Pore su sitne i guste, dobro vidljive tek povećalom dok su gusti i uski drvni traci i povećalom teško uočljivi. Drvo topole je slično drvu vrbe (*Salix*), a razlikuje se prema strukturi drvnih trakova. Prvo ima homocelularne, a drugo heterocelularne drvene trakove.



Slika 1. Mikroskopska građadrva klona 'L-12', Izvor: baza za disertaciju Ištok (2016).

1.2. Uporaba drva topola

Značaj drva različitih vrsta topola proizlazi iz široke primjene u različitim industrijama. Upotrebljavaju se kao sirovina u industriji ploča iverica i vlaknatica te za izradu namještaja, čamaca, mostova, zgrada i cesta. Kao brzorastuća vrsta, jednu od glavnih namjena ima u proizvodnji papira i pulpe. Topole se također upotrebljavaju u energetske svrhe, jer su vrlo perspektivne za proizvodnju biomase. S obzirom na to da je brzorastuća vrsta jednostavno se vegetativno razmnožava, može se uzgajati tamo gdje poljoprivredna proizvodnja nije isplativa, kao i na napuštenim zemljištima (Ekometeo – drvna biomasa).

2. CILJ RADA

Globalno rastući trend potražnje za drvom postaje veliki problem za očuvanje sirovine iz prirodnih resursa. Sadnja brzorastućih vrsta drveća, među kojim se nalazi i topola, odgovor je na nastali problem nedostatka sirovine i rješenje za potrebe različitih industrija. Oplemenjivanjem se kod klonova topola uglavnom nastoji povećati proizvodnost drvne mase, ali i povećati kvaliteta drva. Anatomska svojstva drva, uz ostala svojstva, važan su čimbenik njegove kvalitete.

Istraživanjima anatomskih svojstava drva različitih vrsta i klonova topola nije posvećena jednaka pažnja. Neke vrste poput bijele topole (*Populus alba* L.) i njezinih klonova zapostavljene su. Mali tržišni značaj drva bijele topole u prošlosti zasigurno je tome doprinio. Međutim, upravo zbog njezinih uzgojnih prednosti i ekološkog značaja kao vrste koja se uspješno nosi s klimatskim promjenama (Rédei i Keserü, 2008), javila se potreba za proširenjem navedenih istraživanja. Inicijalnim istraživanjem anatomskih svojstava juvenilnog drva bijele topole obuhvaćen je i potencijalno uzgojno interesantan klon 'L-12' (Ištók, 2016). Klon bijele topole 'L-12' selekcija je Instituta za topolarstvo (Novi Sad, Srbija). U eksperimentalnoj je fazi istraživanja te se ističe njegov potencijal za brzi rast i proizvodnju kvalitetne drvne sirovine (Redei i dr., 2010). Trenutačno je u planu i njegova komercijalna registracija, čime će podaci o njegovim svojstvima zasigurno pridonijeti.

Jedna od glavnih namjena drva topole je za proizvodnju papira i pulpe. Upravo dimenzije drvnih vlakana u velikoj mjeri utječu na svojstva drva važna za proizvodnju papira. Iz tih dimenzija mogu se odrediti i omjeri za procjenu kvalitete drvne sirovine, a jedan od njih je i Runkelov omjer.

U radu će se odrediti:

- Runkelov omjer u juvenilnom drvu pet stabala klona 'L-12' s lokaliteta na području Osijeka,

- usporediti dobivene vrijednosti s vrijednostima Runkelovog omjera različitih vrsta topola i drugih vrsta drva iz literature,
- procijeniti kvalitetu drva klona 'L-12' obzirom na zahtjeve industrije papira i pulpe.

3. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA

Za svaku industrijsku namjenu prvenstveno je potrebno istražiti kvalitetu drvene sirovine kojom se raspolaže. Kvaliteta se procjenjuje određivanjem mehaničkih, fizikalnih, kemijskih te anatomskih svojstava, kao što su izgled, veličina te udio stanica i staničnih stijenki u drvu. Preciznije, od anatomskih svojstava drva za specifičnu uporabu drva topole istražuju se karakteristike drvnih vlaknaca, koje se najčešće povezuju s čvrstoćom papira. Karakteristike drvnih vlaknaca različitih vrsta topola predmet su i najvećeg broja istraživanja. Razlog za to je veliki volumni udio drvnih vlaknaca u sveukupnoj staničnoj strukturi drva topola čije dimenzije uvelike utječu na svojstva drva te samim time na pogodnost sirovine za upotrebu u industriji papira i pulpe. Za potrebe odabira kvalitetne sirovine u papirnoj industriji se uz pomoć izmjerenih dimenzija drvnih vlaknaca može izračunati koeficijent elastičnosti i krutosti, vitkost drvnih vlaknaca te Runkelov omjer.

Runkelov omjer je omjer dvostruke debljine stijenke vlaknaca i promjera njegova lumena (Kiaei i dr., 2014). Pomoću navedenog omjera izračunava se kvaliteta vlaknaca te njihove pogodnosti za proizvodnju papira. Naime, za proizvodnju pulpe i papira pogodne su one vrste drva čiji je izračun Runkelovog omjera manji od 1,0 (Runkel, 1949). Vlakna s velikim Runkelovim omjerom su tvrđa i grublja, rjeđe se upotrebljavaju u proizvodnji dok su vlakna s manjim omjerom pogodnija te daju papiru bolja mehanička svojstva (Takeuchi i dr., 2016). Također, iz takvih se vlakana dobiva papir grublje teksture (Kiaei i dr., 2014).

U literaturi su dostupna istraživanja na tematiku određivanja Runkelovog omjera i njegovih varijacija različitih vrsta drva. Prema Kiaei i dr. (2014), vrijednost Runkelovog omjera drva šljive (*Prunus domestica*) manja u grani drveta. Također, Runkelov omjer je veći u šljivinom drvu nego u drvu kiwija.

Iste godine, Sreevani i Rao (2014) su u svom istraživanju drva klonova eukaliptusa došli do saznanja o razlici Runkelovog omjera među promatranim klonovima. Naime, kod klona 10 izračunat je maksimalan Runkelov omjer koji

je iznosio 0, 81 dok je kod klona 3 ta vrijednost iznosila 0, 63 što je ujedno bila i minimalna vrijednost.

Uz navedene autore, temom su se bavili i Yang i dr. (2006) koji su uspoređivali Runkelov omjer drva klona topole (triploid *populus tomentosa carr.*) s drvom eukaliptusa. Došli su do zaključka da je vrijednost Runkelovog omjera u drvu klona topole manja nego u drvu eukaliptusa i prirodne topole. Prema tim autorima, mali Runkelov omjer rezultira dobrim svojstvima čvrstoće pulpe. Na temelju rezultata navedenog istraživanja drvnih vlakana i Runkelovog omjera, preporuča se sječa u vremenskom periodu od 4. do 6. godine kada stablo pređe iz prvotne faze rasta u stabilnu fazu.

Saikia i dr. (1997) istraživali su Runkelov omjer četiri brzorastuće vrste biljaka koje se uzgajaju kao alternativni izvor sirovine za papirnu industriju. Svoje istraživanje na dvije *Macaraga* vrste i pregled istraživanja na komercijalnim brzorastućim vrstama drveća daju Takeuchi i dr. (2016) te ih međusobno i uspoređuju.

4. MATERIJAL I METODE

4.1. Materijal istraživanja

Materijal koji je korišten u ovom radu prikupljen je za prethodno istraživanje anatomskih svojstava drva za potrebe izrade doktorske disertacije (Ištok, 2016). Uzorci 5 stabala klona 'L-12' su uzeti s lokaliteta na području Osijeka, smještenog na desnoj obali Drave, na području gospodarske jedinice "Osječke podravske šume". U neposrednoj blizini autohtone bijele topole 1996. godine plantažno je posađen klon 'L-12'. Nakon obaranja uzeti su uzorci debljine oko 50 mm iz svakog stabla, na prsnoj visini (1,30 m od tla). Unutar zone juvenilnog drva odabrano je 5 godova: drugi, četvrti, šesti, osmi i deseti god od srčike. U svrhu ispitivanja bilo je potrebno prethodno pripremiti uzorke, što podrazumijeva rezanje uzoraka na potrebne dimenzije (10 (T) x 10 (R) x 20 (L)) i omekšavanje. Iz navedenih godova svakog stabla izrađeni su histološki preparati koji su dalje korišteni za mjerenje dvostruke debljine stijenke, udjela i promjera lumena drvnih vlakanaca na sljedeći način:

- dvostruka debljina stijenki izmjerena je direktno na svjetlosnom mikroskopu, pod povećanjem od 960x
- promjer lumena vlakanaca izmjeren je na digitalnim fotografijama segmenata staničja drvnih vlakanaca između dva drvna traka bez traheja.

4.2 Izračun Runkelovog omjera

Runkelov omjer je omjer dvostruke debljine stijenke vlakanaca i promjera njegova lumena. Određuje kvalitetu drvnih vlakanaca i njihovu prikladnost za upotrebu u proizvodnji pulpe (celuloze) i papira.

Formula prema kojoj je napravljen izračun je:

$$\text{Runkelov omjer} = \frac{2w}{d}$$

Legenda:

2w - dvostruka debljina stijenki

d - promjer lumena vlaknaca

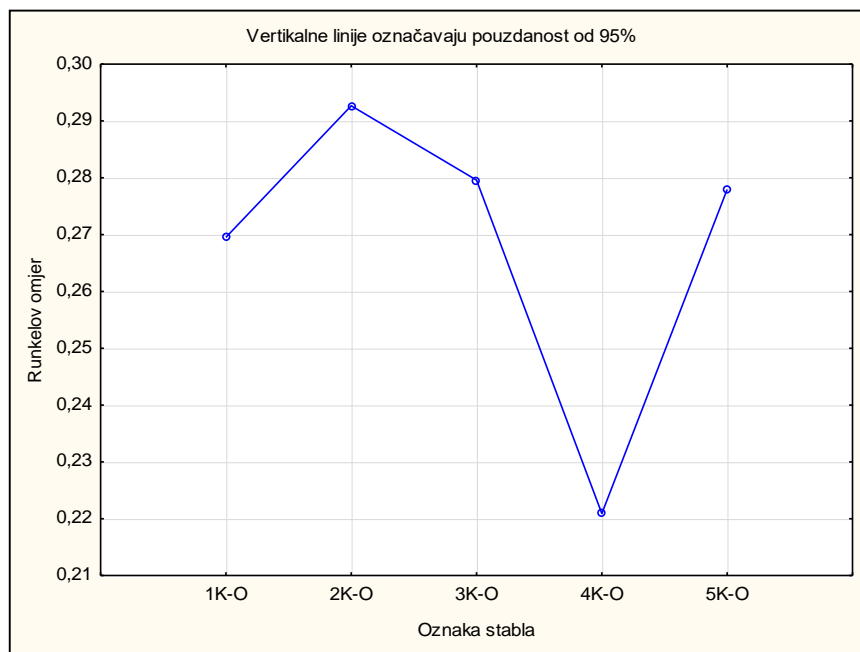
5. REZULTATI I RASPRAVA

Rezultati dobiveni izračunom Runkelovog omjera juvenilnog drva klona 'L-12' raspoređeni su u MS Excelu u bazu za daljnju statističku obradu.

Dobivene vrijednosti Runkelovih omjera temelje se i na aritmetičkoj sredini rezultata svakog od pet stabla klona 'L-12' (Tablica 1.). Iste su i grafički prikazane (Slika 2.).

Tablica 1. Aritmetičke sredine Runkelovog omjera pet stabala klona 'L-12'.

VRSTA	OZNAKA STABLA	RUNKELOV OMJER
Klon 'L-12'	1 K-O	0,270
	2 K-O	0,293
	3 K-O	0,280
	4 K-O	0,221
	5 K-O	0,278



Slika 2. Runkelov omjer juvenilnog drva pet stabala klona 'L-12'.

Runkelov omjer juvenilnog drva pet stabala klona 'L-12' se razlikuje. Najmanji Runkelov omjer ima stablo 4K-O, s aritmetičkom sredinom 0,221, a najveći 2K-O, s aritmetičkom sredinom 0,293 (Slika 2.)

Izračunate su i minimalna i maksimalna vrijednost, aritmetička sredina i standardna devijacija (Tablica 2.)

Tablica 2. Statistička vrijednost Runkelovog omjera juvenilnog drva klona 'L-12'.

STANIŠTE	BROJ STABLA	IZVOR	RUNKELOV OMJER
OSIJEK	5	MIN	0,221
		MEAN	0,268
		MAX	0,293
		STDEV	0,028

Legenda:

MIN – minimalna vrijednost

MEAN – aritmetička sredina

MAX – maksimalna vrijednost

STDEV – standardna devijacija

Aritmetička sredina Runkelovog omjera juvenilnog drva klona 'L-12' iznosi 0,268, što je znatno manje od prihvaćene granične vrijednosti za pogodnost korištenja u industriji papira i pulpe koja iznosi 1. Navedeni rezultat može se usporediti s istraživanjima iz literature. Dobiven Runkelov omjer manji je u usporedbi s Runkelovim omjerom koji su utvrdili Yang i dr. (2006): drva klona topole (triploid *populus tomentosa* carr.) koji iznosi 0,47; drva kineske topole iz prirodne populacije (*Populus tomentosa*) koji iznosi 0,63 te drva eukaliptusa (*Eucalyptus urophylla*).

Pirralho (2014) i Ohshima (2005) su mjerili Runkelov omjer u drvu *Eucalyptus camaldulensis* dok su Hudson (1998) i Ohshima (2005) ispitivali

drvo *Eucalyptus globulus*. Usporedba rezultata navedenih istraživanja s ovim istraživanjem prikazana je u Tablici 3.

Tablica 3. Usporedba Runkelovog omjera drva klona topole i dvije vrste eukaliptusa.

Godina istraživanja	Vrste	Runkelov omjer
1998.	<i>Eucalyptus globulus</i>	0,85
2005.	<i>Eucalyptus globulus</i>	0,54 – 0,67
2005.	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,50
2014.	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,79
2016.	Klon 'L–12'	0,268

Iz Tablice 3. vidljivo je da klon 'L–12' ima znatno manju vrijednost Runkelovog omjera u usporedbi s *Eucalyptus* vrstama. Slični su i rezultati usporedbe s drugim brzorastućim plantažnim vrstama drva poput *Acacia auriculiformis* (0,55) i *Acacia mangium* (0,37) (Yahya i dr., 2010).

Drvo listača uobičajeno ima Runkelov omjer u rasponu od 0,4 do 0,7 (Smook, 1997). Iz svega navedenog vidljivo je i odstupanje rezultata drva klona 'L–12'.

6. ZAKLJUČCI

Iz rezultata izračuna Runkelovog omjera juvenilnog drva klona 'L-12' utvrđena je mala razlika u vrijednostima između pet stabala.

Vrijednost Runkelovog omjera juvenilnog drva klona 'L-12' temeljena na aritmetičkoj sredini manja je u usporedbi s vrijednostima aritmetičkih sredina Runkelovog omjera drva različitih vrsta topola te drugih brzorastućih vrsta drva i biljaka iz literature.

Obzirom na zahtjeve industrije papira i pulpe za Runkelovim omjerom manjim od 1, prema rezultatima ovog rada može se zaključiti da su vlakanca juvenilnog drva klona 'L-12' pogodna za proizvodnju pulpe i papira dobrih mehaničkih svojstava.

7. LITERATURA

1. Hudson, I., Wilson, L., Beveren, K.V. (1998): Vessel and fiber property variation in *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*: some preliminary results. *IAWA Journal*, 19, 111-130.
2. Ištók, I. (2016): Anatomska svojstva juvenilnog drva bijele topole (*Populus alba* L.) uz rijeku Dravu. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet. Doktorska disertacija.
3. Kiaei, M., Tajik, M., Vaysi, R. (2014): Chemical and biometrical properties of plum wood and its application in pulp and paper production. *Maderas, Ciencia y tecnologia*, 16(3), 313-322.
4. Ohshima, J., Yokota, S., Yoshizawa, N., Ona, T. (2005): Examination of within-tree variations and heights representing whole-tree values of derived wood properties for quasi-non-destructive breeding of *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus globulus* as quality pulp wood. *Journal of Wood Science*, 51, 102-111. U Takeuchi, R., Wahyudi, I., Aiso, H., Ishiguri, F., Istikowati, W.T., Ohkubo, T., Ohshima, J., Iizuka, K., Yokota, S. (2016): Wood properties related to pulp and paper quality in two *Macaranga* species naturally regenerated in secondary forests, Central Kalimantan, Indonesia. *Tropics*, 25(3), 107-115.
5. Pirralho, M., Flores, D., Sousa, V.B., Quilhó, T., Knapic, S., Pereira, H. (2014): Evaluation on paper making potential of nine *Eucalyptus* species based on wood anatomical features. *Industrial Crops and Products*, 54, 327-334. U Takeuchi, R., Wahyudi, I., Aiso, H., Ishiguri, F., Istikowati, W.T., Ohkubo, T., Ohshima, J., Iizuka, K., Yokota, S. (2016): Wood properties related to pulp and paper quality in two *Macaranga* species naturally regenerated in secondary forests, Central Kalimantan, Indonesia. *Tropics*, 25(3), 107-115.
6. Rédei, K. i Keserű, Zs. (2008): Promising white poplar (*Populus alba* L.) clones in sandy ridges between the rivers Danube and Tisza in Hungary. *International Journal of Horticultural Science*, 14 (1-2), 113-116.

7. Rédei, K., Keserű, Z., Szulscán, G., Orlović, S. Galić, Z., Juhász, L., Győri, J. (2010): Clonal approaches to growing Leuce poplars (*Leuce Duby*) in Hungary and Serbia. *Topola* 185/186, 15-25.
8. Runkel, von R. (1949): Über die Herstellung von Zellstoff aus Holz der Gattung *Eucalyptus* und Versuche mit zwei unterschiedlichen Eucalyptusarten (On the production of pulp from wood of the genus *Eucalyptus* and experiment with two different *Eucalyptus* types). *Das Papier* 3, 476-490. U Takeuchi, R., Wahyudi, I., Aiso, H., Ishiguri, F., Istikowati, W.T., Ohkubo, T., Ohshima, J., Iizuka, K., Yokota, S. (2016): Wood properties related to pulp and paper quality in two *Macaranga* species naturally regenerated in secondary forests, Central Kalimantan, Indonesia. *Tropics*, 25(3), 107-115.
9. Saikia, C.N., Goswami, T., Ali, F. (1997): Evaluation of Pulp and Paper making characteristics of certain fast growing plants. *Wood Science and Technology*, 31, 467-475.
10. Smook, G.A. (1997): Handbook for Pulp and Paper Technologists. Angus Wilde Publications, Vancouver. U Ververis, C., Georghiou, K., Christodoulakis, N., Santas, P., Santas, R. (2004): Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production. *Industrial Crops and Products*, 19, 245-254.
11. Sreevani, S., Rao, R.V. (2014): Relationship between basic density and different types of anatomical characteristics ratios of *Eucalyptus tereticornis* Sm. Clones. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 3 (6), 254-258.
12. Takeuchi, R., Wahyudi, I., Aiso, H., Ishiguri, F., Istikowati, W.T., Ohkubo, T., Ohshima, J., Iizuka, K., Yokota, S. (2016): Wood properties related to pulp and paper quality in two *Macaranga* species naturally regenerated in secondary forests, Central Kalimantan, Indonesia. *Tropics*, 25(3), 107-115.
13. Trajković, J., Despot, R. (1999): Topolovina. *Drvna industrija*, 50 (2), 125.
14. Yahya, R., Sugiyama, J., Silsia, D., Grill, J. (2010): Some anatomical features of an *Acacia* hybrid, *A. magnum* and *A. auriculiformis* grown in

- Indonesia with regard to pulp yield and paper strength. *Journal of Tropical Forest Science*, 22, 343-351. U Takeuchi, R., Wahyudi, I., Aiso, H., Ishiguri, F., Istikowati, W.T., Ohkubo, T., Ohshima, J., Iizuka, K., Yokota, S. (2016): Wood properties related to pulp and paper quality in two *Macaranga* species naturally regenerated in secondary forests, Central Kalimantan, Indonesia. *Tropics*, 25(3), 107-115.
15. Yang, S., Lu, L. i Ni, Y. (2006): Cloned poplar as a new fibre resource for the Chinese pulp and paper industry. *Pulp & Paper Canada*. 107(2), 34-37.
- 16.***** Ekometeo – drvna biomasa. Izvor: <http://ecometeo.rs.ba/index.php/en/energija/energija-biomase/drvna-biomasa> (mrežni pristup 14.09.2018.)
- 17.***** Struna – rječnik hrvatskog strukovnog nazivlja (2018), Izvor: <http://struna.ihjj.hr/naziv/juvenilno-drvo/36557/> (mrežni pristup 14.09.2018.)